

(19)



JAPANESE PATENT OFFICE

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **04236819 A**

(43) Date of publication of application: **25.08.92**

(51) Int. Cl. **F16C 32/04**  
**H02K 5/16**  
**H02K 7/09**  
**H02K 11/00**

(21) Application number: **03013057**

(71) Applicant: **EBARA CORP**

(22) Date of filing: **10.01.91**

(72) Inventor: **KANEMITSU YOICHI**

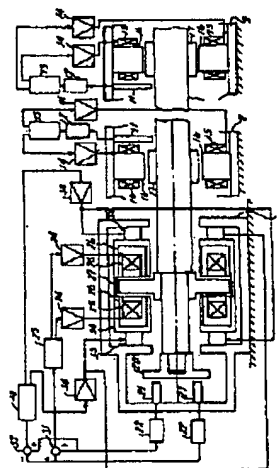
**(54) THRUST MAGNETIC BEARING**

**(57) Abstract:**

**PURPOSE:** To prevent bending vibration of a rotary shaft from generating in the rotary shaft by estimating the approximate rotary angle of the vibration of the rotary shaft of a thrust bearing by means of a signal from a radial displacement sensor and providing a compensation circuit which compensates phases based on the signal, and a power amplifier, which amplifies the output and drives a piezoelectric actuator.

**CONSTITUTION:** A floating casing 36 to fix both a pair of yoke rings 26 and 26 and a plurality of piezoelectric actuators 35, which are arranged in the peripheral direction between the floating casing 36 and a bearing casting 3 and generate axial force are inserted in a thrust magnetic bearing. A compensation circuit 33 which estimates the approximate rotary angle of the vibration of a rotary shaft 1 at the position of the thrust disk 20 of a thrust bearing a signal from a thrust displacement sensor 21 or a radial displacement sensor 11, and compensates phases based on the signal, and electric power amplifiers 34 and 34, which amplify the output of the compensation circuit 33 and drive a piezoelectric actuator 35 by the output, are provided.

**COPYRIGHT:** (C)1992,JPO&Japio



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平4-236819

(43) 公開日 平成4年(1992)8月25日

(51) Int.Cl. <sup>5</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
F 1 6 C 32/04	A	8613-3 J		
H 0 2 K 5/16	Z	7254-5H		
7/09		6821-5H		
11/00	Q	8525-5H		
	X	8525-5H		

審査請求 未請求 請求項の数 1 (全 6 頁)

(21) 出願番号 特願平3-13057

(22) 出願日 平成3年(1991)1月10日

(71) 出願人 000000239

株式会社荏原製作所

東京都大田区羽田旭町11番1号

(72) 発明者 金光 陽一

神奈川県藤沢市本藤沢4丁目2番1号 株

式会社荏原総合研究所内

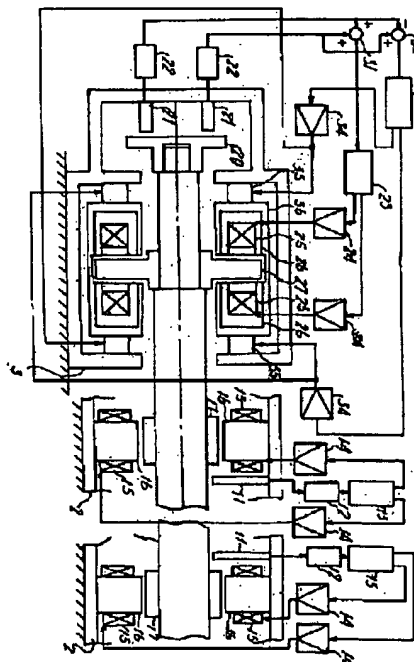
(74) 代理人 弁理士 熊谷 隆 (外1名)

(54) 【発明の名称】 スラスト磁気軸受

(57) 【要約】

【目的】 本発明は回転軸に発生する回転軸の曲げ振動を防止できるスラスト磁気軸受を提供することにある。

【構成】 スラスト磁気軸受において、一対の継鉄リング26、26を共に固定する浮動ケーシングと、該浮動ケーシング36と軸受ケーシング3の間に円周方向に複数個配置し軸方向の力を発生する圧電形アクチュエータ35を挿入し、スラスト変位センサ21或いはラジアル変位センサ11からの信号によりスラスト軸受のスラストディスク20位置での大凡の回転軸1の振動の回転角を推定し、その信号を基に位相補償を行う補償回路33と、該補償回路33の出力を増幅しその出力により圧電アクチュエータ35を駆動する電力増幅器34、34を設けたことを特徴とする。



1

2

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】回転軸に固着した円板状の磁性材料製スラストディスクと、該スラストディスクに微小隙間を設けて対向し且つ励磁コイルを挿入するコアを持つ断面コ字状の一对の電磁石継鉄リングと、該電磁石継鉄リングに挿入される励磁コイルを具備し、前記回転軸の軸方向の変位を計測するスラスト方向変位センサと該変位センサの出力をセンサアンプで増幅し、該増幅した変位信号を基に位相補償等の機能を持つ補償回路及び電力増幅器を通して前記励磁コイルに供給するように構成されたスラスト磁気軸受において、前記一对の継鉄リングを共に固定する浮動ケーシングと、該浮動ケーシングと軸受ケーシングの間に円周方向に複数個配置し軸方向の力を発生する圧電形アクチュエータを挿入し、前記スラスト変位センサ或いはラジアル磁気軸受用等の回転軸の横方向の変位振動を測定するラジアル変位センサからの信号によりスラスト軸受のスラストディスク位置での大凡の回転軸振動の回転角を推定し、その信号を基に位相補償を行う補償回路と、該補償回路の出力を増幅しその出力により前記圧電アクチュエータを駆動する電力増幅器を設けたことを特徴とするスラスト磁気軸受。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は潤滑油の使用を避けるような高真空が要求される、例えばL S I製造工程に使用されるターボ分子ポンプ、或いはドライガスシールと組み合わせて使用することにより潤滑油給油装置を必要としないターボ圧縮機の回転軸を支持するスラスト磁気軸受に関するものである。

【0002】

【従来技術】図4は従来のスラスト磁気軸受及びラジアル磁気軸受により支持した回転軸の縦断面図である。

【0003】図4において、1は回転軸であり、該回転軸1にはラジアル軸受ロータ継鉄17、17及び磁性材料製のスラストディスク27が固着されている。ラジアル軸受ロータ継鉄17、17に対向してラジアル軸受ケーシング2に固着されたラジアル軸受継鉄16、16が配置されて、該ラジアル軸受継鉄16、16にはそれぞれラジアル用励磁コイル15、15が固着されている。

【0004】また、スラストディスク27に微小隙間を設けて対向し、スラスト軸受ケーシング3に固着された断面コ字状の一对のスラスト軸受継鉄リング26、26が配置され、該スラスト軸受継鉄リング26、26の凹部にはそれぞれスラスト用励磁コイル25、25が挿入されている。

【0005】また、11、11は回転軸1の軸方向と直交する方向（ラジアル方向）の変位を検出するラジアル変位センサであり、該ラジアル変位センサ11の出力はラジアルセンサアンプ12で増幅され、ラジアル方向補償回路13及びラジアル用電力増幅器14、14を通し

て、ラジアル用励磁コイル15、15に供給される。

【0006】また、21は回転軸1の軸方向の変位を検出するスラスト変位センサであり、該スラスト変位センサ21の出力はスラストセンサアンプ22で増幅し、スラスト方向補償回路23及びスラスト用電力増幅器24、24を通して、スラスト用励磁コイル25、25に供給される。

【0007】図5は磁気軸受支持の回転軸の曲げ固有振動モードを示す図であり、図示するように、スラストディスク27は回転運動を行う。

【0008】上記のように従来のスラスト磁気軸受は、スラスト用励磁コイル25を挿入した断面コ字状のスラスト軸受継鉄リング26を直接スラスト軸受ケーシング3に固定する構成であった。

【0009】

【発明が解決しようとする課題】上記従来の磁気軸受で支持された回転軸1は、しばしば回転軸1の曲げ固有振動数の発振現象（不安定振動）が発生していた。その原因の多くは磁気軸受の制御力が比較的低周波数領域に限られているため、回転軸の曲げ固有振動数のような比較的高周波数の振動には無力であったためである。磁気軸受を極端に大きくするとか、その電力増幅機の容量を大きくするとかにより、このような問題を防止できる可能性がない訳でもないが、これは非経済的である。

【0010】本発明は上述の点に鑑みてなされたもので、回転軸に発生する回転軸の曲げ振動を防止できるスラスト磁気軸受を提供することにある。

【0011】

【課題を解決するための手段】上記課題を解決するため本発明は、回転軸に固着した円板状の磁性材料製スラストディスクと、該スラストディスクに微小隙間を設けて対向し且つ励磁コイルを挿入するコアを持つ断面コ字状の一对の電磁石継鉄リングと、該電磁石継鉄リングに挿入される励磁コイルを具備し、前記回転軸の軸方向の変位を計測するスラスト方向変位センサと該変位センサの出力をセンサアンプで増幅し、該増幅した変位信号を基に位相補償等の機能を持つ補償回路及び電力増幅器を通して前記励磁コイルに供給するように構成されたスラスト磁気軸受において、前記一对の継鉄リングを共に固定する浮動ケーシングと、該浮動ケーシングと軸受ケーシングの間に円周方向に複数個配置し軸方向の力を発生する圧電形アクチュエータを挿入し、前記スラスト変位センサ或いはラジアル磁気軸受用等の回転軸の横方向の変位振動を測定するラジアル変位センサからの信号によりスラスト軸受のスラストディスク位置での大凡の回転軸振動の回転角を推定し、その信号を基に位相補償を行う補償回路と、該補償回路の出力を増幅しその出力により前記圧電アクチュエータを駆動する電力増幅器を設けたことを特徴とする。

【0012】

3

【作用】上記のように、スラスト磁気軸受に一對の継鉄リングを共に固定する浮動ケーシングと軸受ケーシングの間に円周方向に複数個配置し軸方向の力を発生する圧電形アクチュエータを挿入し、スラスト方向変位センサ或いはラジアル磁気軸受用等の回転軸の横方向の変位振動を測定するラジアル変位センサからの信号により、スラスト軸受のスラストディスク位置での大凡の回転軸振動の回転角を推定し、その信号を基に位相補償を行う補償回路の出力で圧電アクチュエータを駆動することにより、スラスト変位センサ或いはラジアル変位センサからの信号から推定したスラストディスク位置での大凡の回転軸振動の回転角を打ち消すように、前記円周方向に配置した複数の圧電アクチュエータを軸方向に伸縮させてスラストディスクと電磁石継鉄リングとの隙間を円周方向に変化させ、さらにスラストディスクと電磁石との磁気吸引力を円周方向に変化させることができる。その結果、回転軸に発生する固有振動数の自励振動を防止できる。

【0013】

【実施例】以下、本発明の実施例を図面に基づいて説明する。図1は本発明の実施例を示す図で、ラジアル磁気軸受及びスラスト磁気軸受で支持した回転軸の縦断面図である。同図において、図4と同一符号を付した部分同一又は相当部分を示す。以下他の図面においても同様とする。

【0014】図1において、36は浮動ケーシングであり、該浮動ケーシング36にスラスト用励磁コイル25が挿入されたスラスト軸受継鉄リング26が固着されている。該浮動ケーシング36とスラスト軸受ケーシング3の間に円周方向に複数個の軸方向の力を発生する圧電形アクチュエータ35が配置される。

【0015】回転軸1の端部にはスラストセンサディスク20が固着され、該スラストセンサディスク20に対して円周方向に少なくとも4個のスラスト変位センサ21が配置されている。

【0016】円周方向に少なくとも4個配置されたスラスト変位センサ21により、スラストセンサディスク20の変位が検出され、この検出信号はスラストセンサアンプ22で増幅され、加算回路31、位相スラスト補償回路23、スラスト用電力増幅器24を通してスラスト用励磁コイル25に供給される。該スラスト用励磁コイル25からの磁束はスラスト軸受継鉄リング26を通過してスラストディスク27に作用し、回転軸1のスラスト方向の位置制御を行う。

【0017】他方、スラストセンサアンプ22で増幅された前記4個のスラスト変位センサ21の変位検出信号の差信号を基に、回転角推定回路32はスラストディスク27の回転角を推定する。この回転角推定回路32の出力をバンドパス、微分等の回路含み、主として回転軸の曲げ固有振動数の近傍周波数のみを選択的に補償する

4

機能を備えた補償回路33に導く。該補償回路33からの出力信号を電力増幅器34で増幅して圧電形アクチュエータ35に供給する。

【0018】これにより、圧電形アクチュエータ35は伸縮され、浮動ケーシング36を駆動する。その結果、浮動ケーシング36内に固定したスラスト軸受継鉄リング26とスラストディスク27との隙間を円周方向に変化させることができる。この時スラストディスク27とスラスト用励磁コイル25及びスラスト軸受継鉄リング26からなる電磁石の磁気吸引力も円周方向に変化し、モーメントを回転軸1に作用させることができる。このモーメントにより回転軸1の曲げ固有振動を低減させることができる。

【0019】上記図1に示す実施例では、スラスト変位センサ21からの信号により、対を成す圧電形アクチュエータ35をプッシュプルで伸縮させ、スラスト磁気軸受用の電磁石（スラスト用励磁コイル25とスラスト軸受継鉄リング26で構成される。）を駆動している。

【0020】図2は本発明の他の実施例を示す図で、ラジアル磁気軸受及びスラスト磁気軸受で支持した回転軸の縦断面図である。

【0021】図2において、ラジアル変位センサ11の出力をラジアルセンサアンプ12で増幅した回転軸1の軸方向と直交する方向（ラジアル方向）の変位信号をラジアル方向補償回路13と補償回路43に供給する。補償回路43はバンドパス、微分等補償のための回路を含み、主として回転軸1の曲げ固有振動数の近傍周波数のみを選択的に補償する機能を備えた回路である。

【0022】この補償回路43の信号を電力増幅器34で増幅し、圧電形アクチュエータ35に供給する。これにより圧電形アクチュエータ35は伸縮し、浮動ケーシング36を駆動する。その結果、浮動ケーシング36内に固定したスラスト軸受継鉄リング26とスラストディスク27の隙間を周方向に変化させることができる。この時スラストディスク27と電磁石（スラスト用励磁コイル25とスラスト軸受継鉄リング26からなる）との吸引力も円周方向に変化し、モーメントを回転軸1に作用させることができる。このモーメントにより回転軸1の曲げ固有振動を低減させる。

【0023】上記図2に示す実施例は、ラジアル変位センサ11からの信号により、対をなす圧電形アクチュエータをプッシュプルで伸縮させ、スラスト磁気軸受の電磁石を駆動している。

【0024】図3は本発明の他の実施例を示す図で、ラジアル磁気軸受及びスラスト磁気軸受で支持した回転軸の縦断面図である。本実施例が図1の実施例と相違する点は、本実施例では圧電形アクチュエータ35がスラスト軸受継鉄リング26とスラスト軸受ケーシング3の片側にのみ設けられ、その反対側には予荷重を付加する弾性材51が設けられている点である。

5

【0025】図3において、スラスト変位センサ21により、スラストセンサディスク20の変位が検出され、この検出信号はスラストセンサアンプ22で増幅され、加算回路31、位相スラスト補償回路23、スラスト用電力増幅器24を通してスラスト用励磁コイル25に供給される。該スラスト用励磁コイル25からの磁束はスラスト軸受継鉄リング26を通してスラストディスク27に作用し、回転軸1のスラスト方向の位置制御を行う。

【0026】他方、スラスト変位センサ21の変位検出信号の差信号を基に、回転角推定回路32はスラストディスク27の回転角を推定する。この回転角推定回路32の出力をバンドパス、微分等の回路含み、主として回転軸の曲げ固有振動数の近傍周波数のみを選択的に補償する機能を備えた補償回路33に導く。該補償回路33からの出力信号を電力増幅器34で増幅して圧電形アクチュエータ35に供給する。

【0027】これにより、圧電形アクチュエータ35は伸縮され、該圧電形アクチュエータ35と予荷重を付加する弾性材51を介してスラスト軸受ケーシング3に接続した浮動ケーシング36を駆動する。その結果、浮動ケーシング36内に固定したスラスト軸受継鉄リング26とスラストディスク27の隙間を周方向に変化させることができる。このときスラストディスク27とスラスト制御用電磁石（スラスト用励磁コイル25とスラスト軸受継鉄リング26からなる）の磁気吸引力も円周方向に変化し、モーメントを回転軸1に作用させることができる。このモーメントにより回転軸1の曲げ固有振動を低減させることができる。

【0028】上記図3に示す実施例では、スラスト変位センサ21からの信号により、片側のみに設置した圧電形アクチュエータ35を伸縮させ、スラスト軸受用の電磁石を駆動している。

【0029】

【発明の効果】以上説明したように本発明に係るスラスト軸受では、スラスト軸受のスラストディスク位置での大凡の回転軸振動の回転角を打ち消すように、円周方向に配置した複数の圧電形アクチュエータを軸方向に伸縮させてスラストディスクと電磁石との隙間を円周方向に変化させ、更にスラストディスクと電磁石との磁気吸引力を円周方向に変化させることができる。その結果、回転軸に発生する曲げ固有振動数の自励振動を防止できると

6

いう優れた効果が得られる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施例を示す図で、ラジアル磁気軸受及びスラスト磁気軸受で支持した回転軸の縦断面図である。

【図2】本発明の他の実施例を示す図で、ラジアル磁気軸受及びスラスト磁気軸受で支持した回転軸の縦断面図である。

【図3】本発明の他の実施例を示す図で、ラジアル磁気軸受及びスラスト磁気軸受で支持した回転軸の縦断面図である。

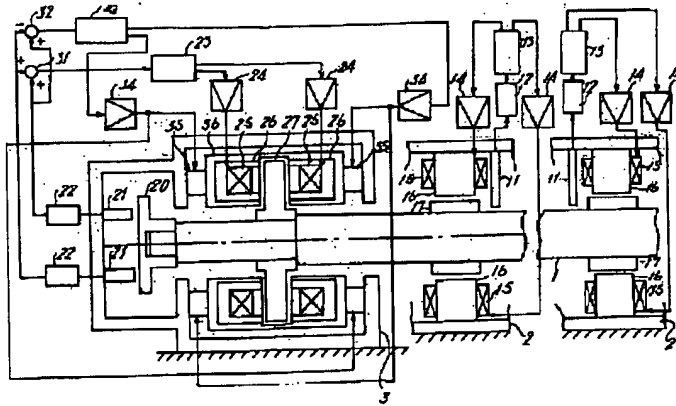
【図4】従来のラジアル磁気軸受及びスラスト磁気軸受で支持した回転軸の縦断面図である。

【図5】回転軸の曲げ固有振動モードを示す図である。

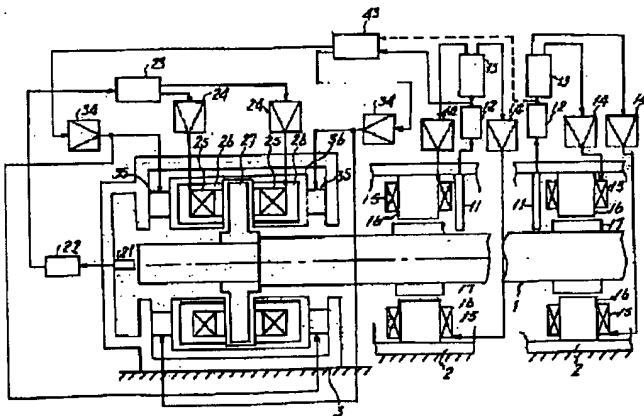
【符号の説明】

1	回転軸
2	ラジアル軸受ケーシング
3	スラスト軸受ケーシング
11	ラジアル変位センサ
12	ラジアル軸受ケーシング
13	ラジアル方向補償回路
14	ラジアル用電力増幅器
15	ラジアル用励磁コイル
16	ラジアル軸受継鉄
17	ラジアル軸受ロータ継鉄
20	スラストセンサディスク
21	スラスト変位センサ
22	スラストセンサアンプ
23	スラスト方向位相補償回路
24	スラスト用電力増幅器
25	スラスト用励磁コイル
26	スラスト軸受継鉄リング
27	スラストディスク
31	加算回路
32	回転角推定回路
33	補償回路
34	電力増幅器
35	圧電形アクチュエータ
36	浮動ケーシング
43	補償回路
51	予荷重用弾性材

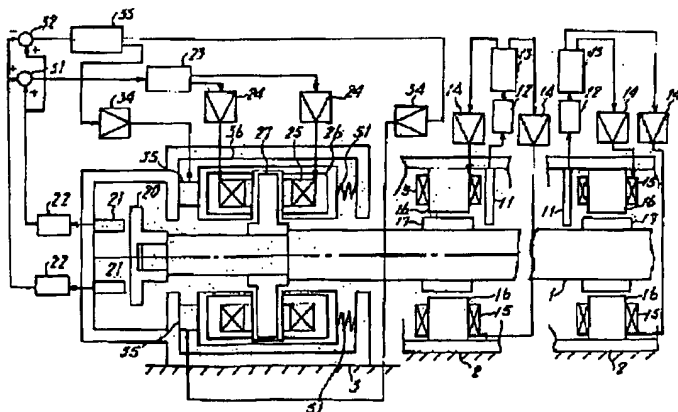
【図1】



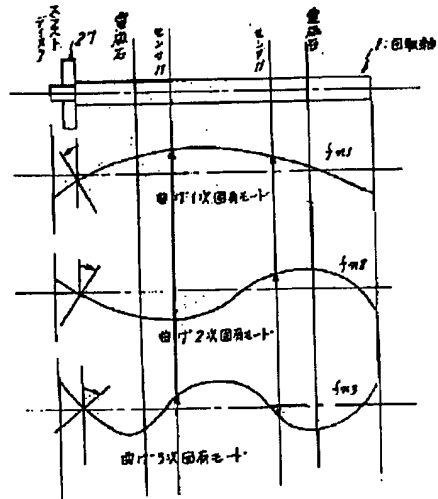
【図2】



【図3】



【図5】



【図4】

